

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07135205 A**

(43) Date of publication of application: **23 . 05 . 95**

(51) Int. Cl

H01L 21/316

H01L 21/31

(21) Application number: **05281158**

(22) Date of filing: **10 . 11 . 93**

(71) Applicant: **CANON SALES CO INC ALCAN
TEC KK HANDOTAI PROCESS
KENKYUSHO:KK**

(72) Inventor: **MAEDA KAZUO
TOKUMASU TOKU
YUYAMA YOSHIKI**

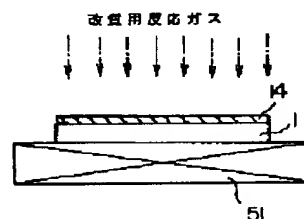
(54) **INSULATING FILM TRANSFORMING METHOD**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a method, to be used to modify the borosilicate glass formed by a CVD method, for transforming a borosilicate glass film with which the parasitic capacitance between insulating films, especially the conductor layer having a borosilicate glass film interposed between them, can be reduced.

CONSTITUTION: This transforming method is composed of a step in which a borosilicate glass film (BSG film) is formed on a substrate 1 using film-forming reactive gas and another process with which the borosilicate glass film is exposed to the plasma of transforming reactive gas.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-135205

(43) 公開日 平成7年(1995)5月23日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/316	P	7352-4M		
	G	7352-4M		
21/31				
			H 0 1 L 21/ 31	C
			審査請求 有	請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-281158
(22) 出願日 平成5年(1993)11月10日

(71) 出願人 390002761
キヤノン販売株式会社
東京都港区三田3丁目11番28号
(71) 出願人 391045989
アルキヤンテック株式会社
東京都港区港南2丁目13番29号
(71) 出願人 391007873
株式会社半導体プロセス研究所
東京都港区港南2-13-29
(72) 発明者 前田 和夫
東京都港区港南2-13-29 株式会社半導体プロセス研究所内
(74) 代理人 弁理士 岡本 啓三

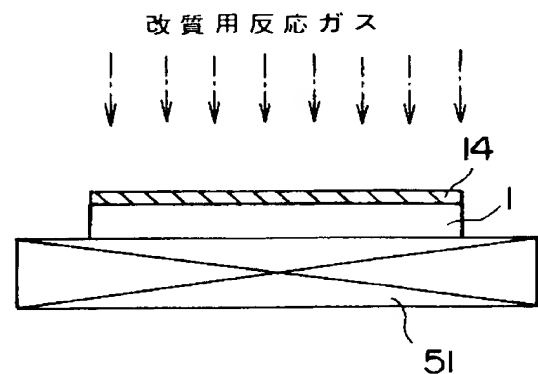
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶縁膜の改質方法

(57) 【要約】

【目的】 CVD法により形成されたホウケイ酸ガラス膜を改質する絶縁膜の改質方法に関し、絶縁膜、特にホウケイ酸ガラス膜が介在する導電体層間の寄生容量を低減することが可能なホウケイ酸ガラス膜の改質方法を提供する。

【構成】 成膜用反応ガスを用いて基板1上にホウケイ酸ガラス膜(BSG膜) 14を形成する工程と、前記ホウケイ酸ガラス膜14を改質用反応ガスのプラズマに曝す工程とを含み構成する。



1 : ウエハ (基板)

14 : BSG 膜

51 : ウエハ保持台

【特許請求の範囲】

【請求項1】 成膜用反応ガスを用いて基板上にホウケイ酸ガラス膜(BSG膜)を形成する工程と、前記ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝す工程とを有する絶縁膜の改質方法。

【請求項2】 前記改質用反応ガスは、酸素、アンモニア及び不活性ガスのうち少なくともいずれかを含むガスであることを特徴とする請求項1記載の絶縁膜の改質方法。

【請求項3】 前記ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝している間、前記基板の温度を500℃以下に保持することを特徴とする請求項1又は請求項2記載の絶縁膜の改質方法。

【請求項4】 前記改質用反応ガスは、周波数100kHz以上、13.56MHz以下、電力600W以下の高周波電力を対向電極に印加することによりプラズマ化されることを特徴とする請求項1、請求項2又は請求項3に記載の絶縁膜の改質方法。

【請求項5】 前記成膜用反応ガスは、Si-O-B結合を含む有機金属化合物を含むものであることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項3又は請求項4に記載の絶縁膜の改質方法。

【請求項6】 前記Si-O-B結合を含む有機金属化合物を含む成膜用反応ガスは、Si-O-Bの結合を有する有機金属化合物とオゾン(O₃)の混合ガスであることを特徴とする請求項5記載の絶縁膜の改質方法。

【請求項7】 前記Si-O-B結合を含む有機金属化合物を含む成膜用反応ガスは、Si-O-Bの結合を有する有機金属化合物とテトラエチルオルソシリケート(TEOS)とオゾンの混合ガスであることを特徴とする請求項5記載の絶縁膜の改質方法。

【請求項8】 前記ホウケイ酸ガラス膜を形成している間、前記基板の温度を400℃以下に保持することを特徴とする請求項4、請求項5、請求項6又は請求項7に記載の絶縁膜の改質方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、絶縁膜の改質方法に関し、より詳しくは、CVD法により形成されたホウケイ酸ガラス膜(以下、BSG膜と称する。)の改質方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体デバイスに用いられている層間絶縁膜は殆どSiO₂又はこれをベースとしたものである。このSiO₂系の絶縁膜はおよそ4.0(測定周波数1MHz)の比誘電率を有し、それによって層間絶縁膜を挟む上下の導電体層間の容量及び層間絶縁膜を挟む隣接する導電体層間の容量Cが決められる。即ち、

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot A / t$$

但し、 ϵ_0 : 真空中の誘電率 (=1)

ϵ : 層間絶縁膜の比誘電率

A : 計算の都合上、上下の配線層の重なり面積又は隣接する配線層の対向面積とするが、実際には上記重なり領域以外の領域の配線層間の寄与、或いは対向領域以外の領域の配線層間の寄与も考える必要がある。

【0003】 t : 上下の配線層間の層間絶縁膜の膜厚又は層間絶縁膜を挟む隣接する配線層間のスペース

このような寄生容量はどのような半導体デバイスにも必ず存在するが、その値が大きい場合、配線層間のクロストークの発生や信号伝播時間の遅れを生じさせる。特に、半導体装置を高密度化するため、多層配線構造が用いられた場合には、配線層間の重なりや対向領域が増えるため、寄生容量が増加する。また、パターンの寸法が微細化された場合には、隣接する配線層間のスペースが狭くなるため、隣接する配線層間のスペースは上下の配線層間のスペースよりも小さくなる場合がある。このため、寄生容量が増加する。従って、デバイス特性に与える影響は無視できない。

【0004】寄生容量を低減するアプローチの一つとして、層間絶縁膜の比誘電率(ϵ)を低くするアプローチがあり、現在、以下の対策が採られている。

(1) Si-F結合を有するSiO₂膜又はFを含むSiO₂膜を使用する。Fを含む有機シリコン化合物の加水分解等により形成した例があり、 $\epsilon = 3.7$ 程度が報告されている。また、C₂F₆+TEOSの混合ガスを用いたプラズマCVD法により、Fを含むシリコン酸化膜を形成した例があり、低い比誘電率のものが報告されている。

【0005】(2)有機樹脂膜を使用する。 $\epsilon = 3.0$ 以下のものが報告されている。

(3)テフロン系の絶縁膜を使用する。 $\epsilon = 3.0$ 以下のものが報告されている。

(4)SiBN膜又はSiOBN膜を使用する。スパッタにより形成する例が報告されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、(1)の場合は絶縁膜中にSi-F結合或いはFを含むことによるデバイス特性への影響が十分解明されていない。(2)及び(3)の場合はSiO₂とは全く異なる物質からなる絶縁膜であり、実用性が疑わしい。

【0007】また、(4)の場合は安定な膜ではないため、半導体装置への適用には適していない。本発明は、係る従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、絶縁膜、特にホウケイ酸ガラス膜が介在する導電体層間の寄生容量を低減することが可能な絶縁膜の改質方法の提供を目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題は、第1に、成膜用反応ガスを用いて基板上にホウケイ酸ガラス膜(BSG膜)を形成する工程と、前記ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝す工程とを有する絶縁膜の改

質方法によって達成され、第2に、前記改質用反応ガスは、酸素、アンモニア及び不活性ガスのうち少なくともいずれかを含むガスであることを特徴とする第1の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成され、第3に、前記ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝している間、前記基板の温度を500℃以下に保持することを特徴とする第1の発明又は第2の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成され、第4に、前記改質用反応ガスは、周波数100kHz以上、13.56MHz以下、電力600W以下の高周波電力を対向電極に印加することによりプラズマ化されることを特徴とする第1の発明、第2の発明又は第3の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成され、第5に、前記成膜用反応ガスは、Si-O-B結合を含む有機金属化合物を含むものであることを特徴とする第1の発明、第2の発明、第3の発明又は第4の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成され、第6に、前記Si-O-B結合を含む有機金属化合物を含む成膜用反応ガスは、Si-O-Bの結合を有する有機金属化合物とオゾン(O₃)の混合ガスであることを特徴とする第5の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成され、第7に、前記Si-O-B結合を含む有機金属化合物を含む成膜用反応ガスは、Si-O-Bの結合を有する有機金属化合物とテトラエチルオルソシリケート(TEOS)とオゾンの混合ガスであることを特徴とする第5の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成され、第8に、前記ホウケイ酸ガラス膜を形成している間、前記基板の温度を400℃以下に保持することを特徴とする第4の発明、第5の発明、第6の発明又は第7の発明に記載の絶縁膜の改質方法によって達成される。

【0009】

【作用】本願発明者は、特に、SiO₂と同じ系統に属し、かつSi-F結合又はFを含むことによるデバイス特性への影響が十分解明されていないSi-F結合又はFを含むSiO₂を除いた材料、特にホウケイ酸ガラス膜に着目した。これを用いて、その膜質を改良し、更に比誘電率を低減する方法がないかどうかを調査した。

【0010】その調査の結果、ホウケイ酸ガラス膜の水分量と比誘電率とが相関を有することを見いだした。即ち、ホウケイ酸ガラス膜を空气中に放置しておくと、比誘電率も増加する。このことは、比誘電率の増加がホウケイ酸ガラス膜中の含有水分量の増加と関係していることを示しており、ホウケイ酸ガラス膜中の含有水分量を低減すると比誘電率も低減させることができることを示唆している。

【0011】調査によれば、ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガス、例えば酸素、アンモニア又は不活性ガスのプラズマに曝することにより、ホウケイ酸ガラス膜中の含有水分量は低減し、比誘電率も低下することを見いだした。また、プラズマに曝された後のホウケイ酸ガラス膜の含有水分量の経時変化は極めて小さくなることを見い

だした。

【0012】本発明の絶縁膜の改質方法によれば、ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝しているので、ホウケイ酸ガラス膜の水分含有量の低減を図るとともに、比誘電率を低下させることができる。しかも、膜形成後の水分の吸収を防止することができる。これにより、ホウケイ酸ガラス膜の膜質が改良される。また、基板を昇温した状態でプラズマ照射を行うことにより、膜質改良の効果がより大きくなる。しかも、基板の温度が500℃以下の低温でよいので、A1等を被覆する層間絶縁膜の処理にも用いることができる。

【0013】特に、Si-O-Bの結合を有する有機金属化合物とオゾンの混合ガスを成膜用反応ガスとして用いて形成されたホウケイ酸ガラス膜に本発明のプラズマ処理を適用する場合、ホウケイ酸ガラス膜の比誘電率の低減の効果が大きい。これは、成膜直後のホウケイ酸ガラス膜中にはSi-O-B結合が構成要素としてそのまま持ち込まれ、ホウケイ酸ガラス膜は元々高い緻密性と低い吸湿性を有するためであると考えられる。しかも、成膜中の基板の温度が400℃以下の低温でも、成膜直後の状態でSi-O-B結合を有するホウケイ酸ガラス膜を形成することが可能であるので、製造工程上制約を受けることなく、半導体装置への適用が可能である。なお、上記成膜用反応ガスにテトラエチルオルソシリケートを添加することにより、形成されるホウケイ酸ガラス膜中のボロンの含有量を微調整することができる。

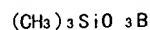
【0014】

【実施例】

(1) 本発明の実施例のBSG膜の改質方法

図1、図2(a)～(d)を参照しながら本発明の実施例のBSG膜の改質方法について説明する。図1はBSG膜を改質用反応ガスのプラズマに曝している状態を示す断面図である。また、図2(a)～(d)は、下部配線層13を被覆する層間絶縁膜としてBSG膜14を形成した後、プラズマ照射によりBSG膜を改質する一連の工程を示す断面図である。

【0015】この場合、成膜用反応ガスとして珪素(Si)、硼素(B)及び酸素(O)の有機金属化合物(SiOBソース)を含むものを用いる。即ち、SiOBソースの一例として、構造式



で表される前記トリストリメチルシリルボレートを用い、これとオゾン(O₃)との混合ガス、



を成膜用反応ガスとして用いる。

【0016】まず、ウエハ(基板)1を常圧CVD成膜装置の反応室内に入れて、ウエハ保持台上に載置し、例えばウエハ保持台に内蔵されたヒータにより、ウエハ1を加熱し、400℃以下の温度に保持する。なお、図2(a)に示すように、ウエハ1には半導体基板11上に

シリコン酸化膜からなる下地絶縁膜12が形成され、更に下地絶縁膜12上にA1膜からなる下部配線層13が形成されている。

【0017】次いで、 N_2 等のキャリアガスに $(CH_3)_3SiO_3B$ を含有した流量7SLMのSiOBソースガスに添加率6%の O_3 ガスを混合した成膜用反応ガスを反応室内に導入する。この状態を約3分間保持して、図2(b)に示すように、ウェハ1上に膜厚約1.1 μm のBSG膜14を形成する。このとき、ウェハ1の温度が400℃以下なので、A1膜からなる下部配線層13を形成した状態

で、層間絶縁膜の形成が可能であり、かつA1膜が大きな熱歪みを受けるのを防止することができる。

【0018】次に、平行平板型プラズマCVD装置のチャンパ内にBSG膜14の形成されたウェハ1を入れ、図1に示すウェハ保持台51に載置して減圧するとともに、ウェハ保持台51に内蔵されたヒータによりウェハ1を加熱し、ウェハ1の温度を500℃以下に保持する。続いて、所定の流量の酸素、アンモニア又は不活性ガスからなる改質用反応ガスをチャンパ内に導入し、圧力約1.0Torr以下に保持した後、平行平板電極間に周波数100KHz~13.56MHz、電力600W以下のRF電力を印加し、改質用反応ガスをプラズマ化する。これにより、図2(c)に示すように、BSG膜14は改質用反応ガスのプラズマに曝される。この状態を1~5分間保持すると、BSG膜が改質され、比誘電率が低下する。

【0019】なお、その後、図2(d)に示すように、BSG膜14上にA1膜等からなる上部配線層15が形成される。次に、プラズマ処理される前であって、SiOBソース+ O_3 の混合ガスを用いて形成された後のBSG膜14について、膜質その他の特性を調査した結果について説明する。

【0020】上記形成されたBSG膜14中にはおよそ15~18mol% (5~6wt%に相当する)のBが含まれていることが分かった。SiOBソースのSi/B比は3であり、BSG膜14中に含まれるBの含有量はほぼ理論値に等しい。このように、BSG膜14中に含まれるBの含有量はほぼSiOBソースガス中のSi/B比によりきまるため、正確な濃度のBのドーピングが可能である。なお、上記の成膜用反応ガスにTEOSを加えることにより、更に細かくB濃度を調整することも可能である。

【0021】また、従来例の成膜方法により作成されたBSG膜ではこれだけのBが含まれていると、著しい吸湿により成膜直後、表面は直ちに白濁するが、実施例の場合、BSG膜は極めて安定であり、短時間の空気中放置では吸湿しなかった。更に、長時間の空気中放置でも、BSG膜表面に異常は認められなかった。これは、BSG膜中に強固なSi-O-B結合が形成されて緻密性が増し、これにより水分の吸収が阻止されたためと考えられる。

【0022】更に、形成されたBSG膜14は、上記のように安定な膜表面と良好な膜質を有する他、耐クラック性が高い。例えば、膜厚約3 μm 程度でもクラックフリーであった。また、成長が等方的であるため、ステップカバレッジにも優れている。以上のように、SiOBソースとオゾン(O_3)の混合ガスを用いて形成した成膜直後のBSG膜14には、構成要素としてSi-O-B結合がそのまま取り込まれるため、成膜直後のBSG膜14は、ガラスとしての構造を有し、高い緻密性と低い吸湿性を有する。

【0023】しかも、 O_3 を用いることによりSiOBソースの分解性が高まるため、成膜中のウェハ1の温度が400℃以下の低温である場合でも、成膜直後の状態でSi-O-B結合を有するBSG膜14を形成することが可能である。これにより、製造工程上制約を受けることなく、半導体装置への適用が可能である。次に、図3及び図4を参照しながら、上記の成膜方法により得られたBSG膜の成膜データについて説明する。

【0024】図3は、成膜時の基板温度に対する成長レートの依存性について示す特性図である。横軸が成長温度(℃)を表し、縦軸が成長レート($\text{\AA}/\text{分}$)を表す。SiOBソースガスの流量4SLMと7SLMの2条件、かつ O_3 添加量6%の1条件で、成長温度範囲250℃~400℃に対する成長レートの依存性の結果について示す。

【0025】その結果によれば、SiOBソースガスの流量が7SLMの場合、成長温度250℃のときに成長レート約1000 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られ、温度が高くなるに連れて成長レートは大きくなり、成長温度350℃のときに最大の成長レート約4000 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られ、以降温度が高くなるに連れて成長レートは減少していき、成長温度400℃で成長レート約2500 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られる。一方、SiOBソースガスの流量が4SLMの場合も同様な傾向を示し、温度350℃で最大の成長レート約2600 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られる。

【0026】図4は、SiOBソースガスの流量に対する成長レートの依存性について示す特性図である。横軸がSiOBソースガスの流量(SLM)を表し、縦軸が成長レート($\text{\AA}/\text{分}$)を表す。成長温度400℃、かつ O_3 添加量5.6%の条件で、SiOBソースガスの流量範囲2SLM~9SLMに対する成長レートの依存性の結果について示す。

【0027】その結果によれば、SiOBソースガスの流量が2SLMのとき成長レート約800 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られ、SiOBソースガスの流量が多くなるに連れて成長レートは急激に大きくなり、SiOBソースガスの流量6SLMのときに成長レート約1900 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られ、以降SiOBソースガスの流量が多くなるに連れて成長レートは漸増していき、SiOBソースガスの流量9SLMのときに成長レート約2000 $\text{\AA}/\text{分}$ が得られる。

【0028】以上、図3及び図4に示す成長レートの値から、適当なガス条件や成長温度条件を選ぶことで半導体装置に十分に適用可能であることがわかった。なお、上記の実施例では、 $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}_3\text{B}$ からなるSiOBソースとオゾン(O_3)の混合ガスを用いて形成されたBSG膜14に適用しているが、他のSiOBソースを用いて形成されたホウケイ酸ガラス膜に適用してもよい。また、上記以外の他の方法により形成されたホウケイ酸ガラス膜に本発明を適用することも可能である。例えば、TEOS+(TMB又はTEB)+ O_3 の混合ガスを用いたCVD法により、或いは

【0029】また、下部配線層13としてA1配線層を用いているが、高融点金属や高融点金属シリサイド或いはポリシリコンやポリサイド、又はその他の導電体からなる配線層や電極への適用も可能である。

(2) 上記の改質方法により改質されたBSG膜の特性についての説明

(a) 上記の改質方法による改質前後のBSG膜の比誘電率の調査

上記の各工程の直後のBSG膜の比誘電率を調査した結果を以下に示す。なお、BSG膜は、SiOBソース+ O_3 の混合ガスを用いたCVD法により温度400℃の条件で形成された。

【0030】成膜直後： $\epsilon=4.0$

空气中放置後： $\epsilon=4.5$

プラズマ処理直後： $\epsilon=3.4$

プラズマ処理後空气中1週間放置後： $\epsilon=3.6$

【比較例】

①熱酸化により形成された SiO_2 膜（プラズマ処理なし）
 $\epsilon=4.0$

②TEOS+ O_3 の混合ガスを用いたCVD法により温度400℃の条件で形成された SiO_2 膜

空气中放置後 $\epsilon=4.2$

プラズマ処理後 $\epsilon=4.0$

以上のように、本発明の実施例の改質方法により得られたBSG膜の比誘電率は、他の絶縁膜の比誘電率及びプラズマ処理しないBSG膜の比誘電率と比較して大幅に小さくなる。またプラズマ処理により、比誘電率の低減の効果を長い間維持することが可能である。

【0031】従って、本発明を半導体装置に適用した場合、ホウケイ酸ガラス膜が介在する配線層間の寄生容量を低減することが可能である。

(b) 上記の改質方法により改質前後のBSG膜の含有水分量の調査

図5は、反応ガス中の O_3 の添加率に対する成膜直後のBSG膜中の水分含有量の依存性及びプラズマ処理後のBSG膜中の水分含有量について示す特性図である。横軸が O_3 添加率(%)を表し、縦軸が水分含有量(wt%)を表す。成膜温度400℃、かつソースガスの流量

が8SLMの条件で、 O_3 添加量範囲1%~5.6%の場合の結果について示す。成膜後測定までに試料は空气中に6時間放置された。また、 O_3 添加量5.6%で形成されたBSG膜について、プラズマ処理温度350℃、改質用反応ガス NH_3 、流量400SCCM、圧力0.5Torr、RF周波数100KHz、RF電力200W、処理時間3分のプラズマ照射条件でプラズマ処理された。

【0032】結果によれば、 O_3 添加量が1%のとき水分含有量約6wt%で、 O_3 添加量が多くなるに連れて成膜レートは漸増し、 O_3 添加量3%のとき最大値約6.7wt%となり、以降SiOBによるBSG膜中の水分量は O_3 添加量にほとんど依存しないで一定である。更に、プラズマ処理により、水分含有量は大幅に低下し、水分含有量約1wt%の値となる。このように、プラズマ照射により水分含有量は大幅に改善されており、半導体装置の特性及び信頼度の向上を図ることができる。

【0033】次に、図6を参照しながら、BSG膜へのプラズマ処理後の空气中放置によるBSG膜の水分含有量の経時変化について説明する。図6は、プラズマ処理後の空气中放置によるBSG膜中の水分含有量の経時変化について示す特性図である。横軸が放置時間(日)を表し、縦軸が水分含有量(wt%)を表す。成長温度350℃、ソースガスの流量7SLM、 O_3 添加量6%、成長レート3700Å/分、成膜時間3分の成膜条件、プラズマ処理温度350℃、改質用反応ガス NH_3 、流量400SCCM、圧力0.5Torr、RF周波数100KHz、RF電力200W、処理時間3分のプラズマ照射条件の場合の結果について示す。

【0034】結果によれば、10日後に水分含有量約0.9wt%で、以降時間経過に比例して水分含有量は増し、95日後に水分含有量約2.9wt%となり、以降以降時間経過に比例して水分含有量は漸増し、125日後に水分含有量約3.2wt%となる。この値から、BSG膜の水分含有量の経時変化は、従来例の方法の場合と比較して、極めて小さく、膜質の改善効果が長い間維持されることが分かった。

【0035】(c) 上記の改質方法により得られたBSG膜のストレスの経時変化に付いての調査

次に、図7を参照しながら、BSG膜へのプラズマ処理後の空气中放置によるBSG膜のストレスの経時変化について説明する。図7は、プラズマ処理後の空气中放置によるBSG膜の応力の経時変化について示す特性図である。横軸が放置時間(日)を表し、縦軸が応力($\times 10^9$ dyne/cm²)を表す。成膜時の基板温度350℃、ソースガスの流量7SLM、 O_3 添加量6%、成長レート3700Å/分、成膜時間3分の成膜条件、プラズマ処理温度350℃、改質用反応ガス NH_3 、流量400SCCM、圧力0.5Torr、RF周波数100KHz、RF電力200W、処理時間3分のプラズマ照射条件の場合の結果について示す。なお、比較のため、改質前のBSG膜の応力の経時変化

についても示す。

【0036】結果によれば、プラズマ処理した試料はプラズマ処理直後で応力約 1.5×10^9 dyne/cm²の引張応力があり、時間経過とともに引張応力が漸次低下していき、10日後に応力約 0.8×10^9 dyne/cm²の引張応力が残る。一方、プラズマ処理しない試料は成膜直後で応力約 1.4×10^9 dyne/cm²の引張応力があるが、短時間で大幅に変化し、2日経過前に引張応力から圧縮応力に変わり、2日後に約 0.4×10^9 dyne/cm²の圧縮応力になる。以降、ほぼ変化せずに推移し、10日後に約 0.6×10^9 dyne/cm²の圧縮応力が残る。この値から、プラズマ処理により、応力の変動が小さくなることが分かった。このことは水分の含有量が減少したことを意味する。

【0037】以上のように、本発明の実施例のホウケイ酸ガラス膜の改質方法によれば、ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝しているの、ホウケイ酸ガラス膜の水分含有量の低減を図るとともに、比誘電率を低下させることができる。しかも、膜形成後の水分の吸収を防止することができるので、プラズマ処理により得られた良好な膜質を維持することが可能である。

【0038】従って、本発明を半導体装置に適用した場合、ホウケイ酸ガラス膜が介在する配線層間の寄生容量を低減し、かつ特性及び信頼度の向上を図ることが可能である。また、基板を昇温した状態でプラズマ照射を行うことにより、膜質改良の効果がより大きくなる。しかも、基板の温度が500℃以下の低温でよいので、A1等を被覆する層間絶縁膜の処理にも用いることができる。

【0039】

【発明の効果】以上のように、本発明の絶縁膜の改質方法によれば、ホウケイ酸ガラス膜を改質用反応ガスのプラズマに曝しているの、ホウケイ酸ガラス膜の水分含有量の低減を図るとともに、比誘電率を低下する。しかも、膜形成後の水分の吸収が防止されるので、プラズマ処理により得られた良好な膜質が維持される。

【0040】従って、本発明を半導体装置に適用した場合、ホウケイ酸ガラス膜が介在する配線層間の寄生容量を低減し、かつ特性及び信頼度の向上を図ることが可能である。また、基板を昇温した状態でプラズマ照射を行うことにより、膜質改良の効果がより大きくなる。しか

も、基板の温度が500℃以下の低温でよいので、A1等を被覆する層間絶縁膜の処理にも用いることができる。

【0041】特に、Si-O-Bの結合を有する有機金属化合物を含む反応ガスを用いてBSG膜を形成することにより、成膜直後のBSG膜は高い緻密性と低い吸湿性を有する。しかも、成膜中の基板の温度が400℃以下の低温である場合でも、成膜直後の状態でSi-O-B結合を有するBSG膜を形成することが可能であるので、製造工程上制約を受けることなく、半導体装置への適用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係るBSG膜の改質方法について示す断面図である。

【図2】本発明の実施例に係るBSG膜の形成工程及び改質工程について示す断面図である。

【図3】本発明の実施例に係るSiOBソースとO₃の混合ガスを用いたCVD法により形成されたBSG膜の成膜レートについて示す相関図である。

【図4】本発明の実施例に係るSiOBソースとO₃の混合ガスを用いたCVD法により形成されたBSG膜の成膜レートについて示す相関図である。

【図5】本発明の実施例に係る成膜用反応ガス中のO₃の添加率に対する成膜直後のBSG膜中の水分含有量の依存性及びプラズマ処理後のBSG膜中の水分含有量について示す特性図である。

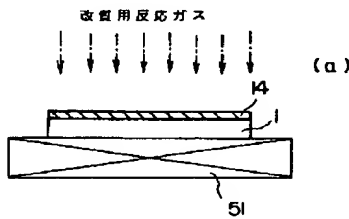
【図6】本発明の実施例に係るプラズマ処理後に空気中に放置した場合のBSG膜中の水分含有量の経時変化について示す特性図である。

【図7】本発明の実施例に係るプラズマ処理後に空気中に放置した場合のBSG膜中の応力の経時変化について示す特性図である。

【符号の説明】

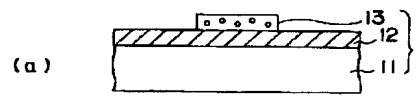
- 1 ウエハ、
- 11 半導体基板、
- 12 下地絶縁膜、
- 13 下部配線層、
- 14 BSG膜、
- 15 上部配線層、
- 51 ウエハ保持台。

【図1】

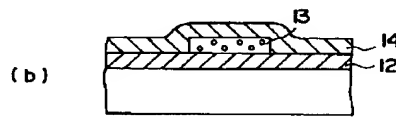


1: ウエハ(基板)
14: BSG 膜
5: ウエハ保持台

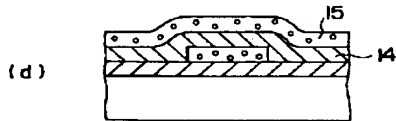
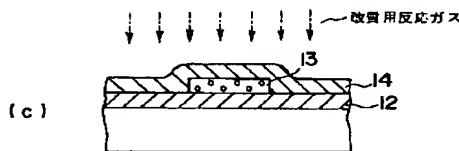
【図2】



11: 半導体基板 13: 下部配線層
12: 下地絶縁膜

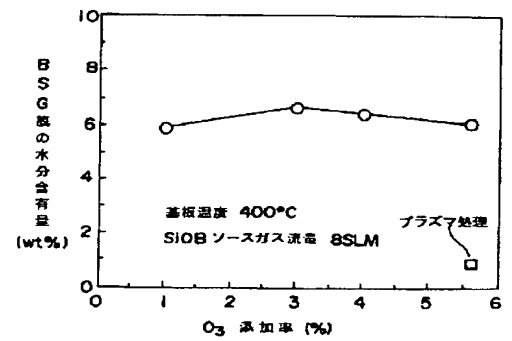


14: BSG 膜

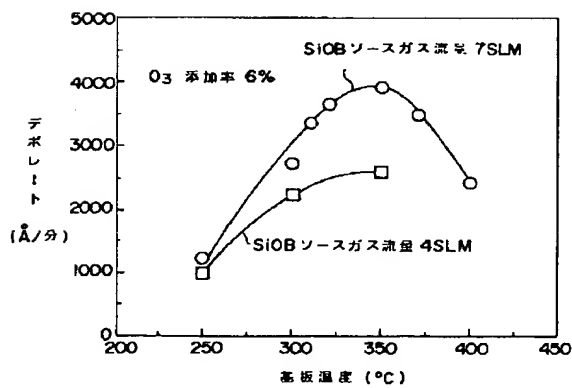


15: 上部配線層

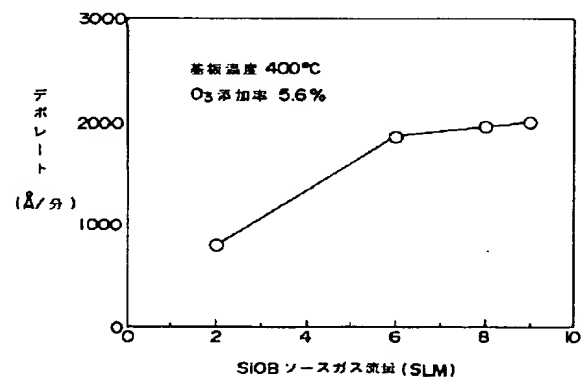
【図5】



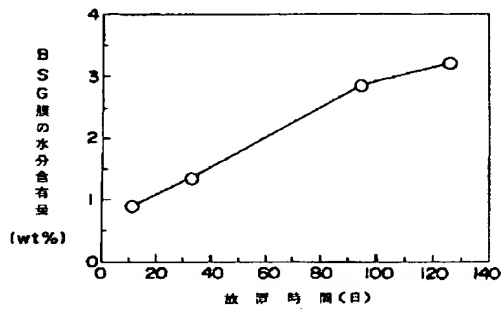
【図3】



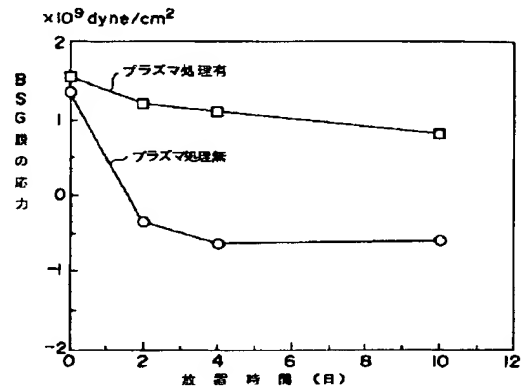
【図4】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 徳増 徳
東京都港区港南 2-13-29 株式会社半導
体プロセス研究所内

(72)発明者 湯山 芳章
東京都港区港南 2-13-29 株式会社半導
体プロセス研究所内